

**(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)**

**(19) World Intellectual Property Organization**  
International Bureau



**(43) International Publication Date**  
28 December 2000 (28.12.2000)

**PCT**

**(10) International Publication Number**  
**WO 00/79313 A1**

**(51) International Patent Classification<sup>7</sup>:** G02B 3/00,  
G11B 7/00

Road, Newton, MA 02160 (US). IPPOLITO, Stephen, B.  
[US/US]; 2209 Greenhills Drive, Valrico, FL 33594 (US).

**(21) International Application Number:** PCT/US00/40253

**(74) Agents:** GAGNEBIN, Charles, L., III et al.; Weingarten,  
Schurgin, Gagnebin & Hayes LLP, Ten Post Office Square,  
Boston, MA 02109 (US).

**(22) International Filing Date:** 20 June 2000 (20.06.2000)

**(25) Filing Language:** English

**(81) Designated States (national):** AU, CA, JP, US.

**(26) Publication Language:** English

**(84) Designated States (regional):** European patent (AT, BE,  
CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE).

**(30) Priority Data:**  
60/140,138 21 June 1999 (21.06.1999) US

**Published:**

- With international search report.
- Before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments.

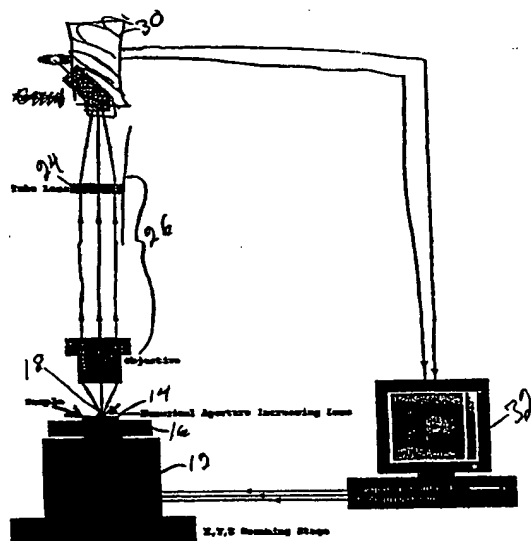
**(71) Applicant (for all designated States except US):**  
TRUSTEES OF BOSTON UNIVERSITY [US/US]; 147  
Bay State Road, Boston, MA 02215 (US).

**(72) Inventors; and**

**(75) Inventors/Applicants (for US only):** UNLU, M., Selim  
[TR/US]; 2 Jamaica Way Court, Jamaica Plain, MA 02130  
(US). GOLDBERG, Bennett, B. [US/US]; 26 Berkshire

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

**(54) Title:** NUMERICAL APERTURE INCREASING LENS (NAIL) TECHNIQUES FOR HIGH-RESOLUTION SUB-SURFACE IMAGING



**WO 00/79313 A1**

**(57) Abstract:** A viewing enhancement lens (18 - NAIL) which functions to increase the numerical aperture or light gathering or focusing power of viewing optics such as a microscope (26) used to view structure within a substrate such as a semiconductor wafer or chip or of imaging optics such as media recorders. The result is to increase the resolution of the system by a factor of between  $n$  and  $n^2$ , where  $n$  is the index of refraction of the lens substrate.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2003-502705

(P2003-502705A)

(43) 公表日 平成15年1月21日 (2003.1.21)

(51) Int.Cl.  
G 0 2 B 21/02

識別記号

F I  
G 0 2 B 21/02

テーマコード(参考)  
Z 2 H 0 8 7

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2001-505221(P2001-505221)  
(86) (22) 出願日 平成12年6月20日 (2000.6.20)  
(85) 翻訳文提出日 平成13年12月21日 (2001.12.21)  
(86) 国際出願番号 PCT/US 00/40253  
(87) 国際公開番号 WO 00/079313  
(87) 国際公開日 平成12年12月28日 (2000.12.28)  
(31) 優先権主張番号 60/140,138  
(32) 優先日 平成11年6月21日 (1999.6.21)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)  
(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), AU, CA, JP, US

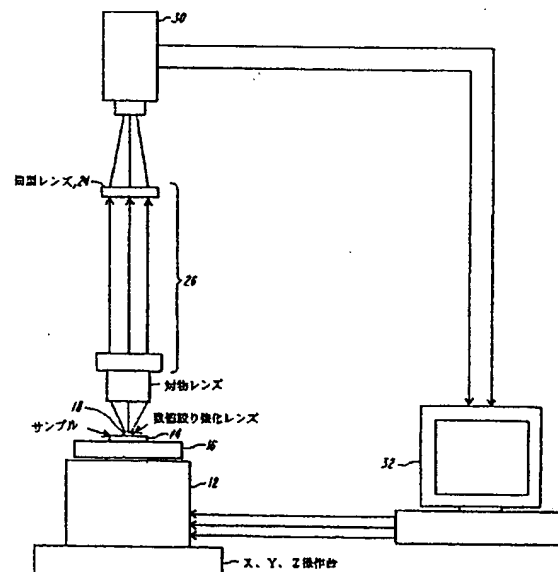
(71) 出願人 トラスティーズ オブ ボストン ユニバーシティ  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 ボストン ベイステート ロード 147  
(72) 発明者 イッポリト, スティーブン, ビー.  
アメリカ合衆国 33602 フロリダ州 グリーンヒルズ ドライブ パルリコ 2209  
(72) 発明者 ウンル, エム., セリム  
アメリカ合衆国 02130 マサチューセッツ州 ジャマイカ プレイン ジャマイカ ウエイ コート 2  
(74) 代理人 弁理士 秋元 輝雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高解像度表面下画像作成用数値絞り増加レンズ (NA I L) 技術

(57) 【要約】

半導体ウエハー又はチップなどのサブストレート内を見るため使用する顕微鏡 (26) などの観察光学系又はメディアレコーダなどの画像作成光学系に使用される数値絞りつまり光収集又は焦点力を強化する働きを観察強化レンズ (18-NA I L)。その結果、 $n$  をレンズサブストレートの屈折率とすると、 $n$  と  $n^2$  の間の屈折率で光学系の解像度を増加する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】物質のサブストレートの表面を通過して物質に入射し又は物質から発する光の観察又は画像作成において用いるための拡張数値絞りを有するレンズであって、

前記サブストレートの面に整合する第一面と、凸型形状の第二面とを有するレンズと、

前記レンズの第一面が前記サブストレート面に接触したとき、前記サブストレート内に焦点領域を有する前記レンズと、

前記凸型表面形状とは幾何学的に別個の位相フロントを伴って前記凸型表面を通過する観察光又は画像作成光と、  
を含むレンズ。

【請求項2】前記観察光又は画像作成光が、赤外か、可視か、紫外かのスペクトルを含む、請求項1のレンズ。

【請求項3】前記レンズが、色収差補正用複合レンズである、請求項1のレンズ。

【請求項4】レンズとサブストレートとの屈折率が整合する、請求項1のレンズ。

【請求項5】前記レンズと前記サブストレートとが、実質的に同一の材料から一体で形成されている、請求項1のレンズ。

【請求項6】前記レンズと前記サブストレートとのうち一つ又は両方が半導体材料から加工されている、請求項1のレンズ。

【請求項7】前記半導体材料が、本質的にSiか、Geか、SiGeか、GaAsか、GaSbか、GaPか、InPか、GaNか、それらの組合せか、を含むグループから選ばれた、請求項6のレンズ。

【請求項8】前記サブストレートが、前記焦点領域又は近傍に置かれたデバイス及び回路を含む加工構造体を含む、請求項1のレンズ。

【請求項9】前記サブストレートが、前記焦点領域又は近傍に、黒体輻射を放射する加工構造体を含み、それにより熱画像作成が出来る、請求項1のレンズ。

【請求項10】前記サブストレートが、前記焦点領域に境界を持つ絶縁体上シリコンウエハーである、請求項1のレンズ。

【請求項11】前記サブストレートが、前記焦点領域においてその表面に半透明金属を含む、請求項1のレンズ。

【請求項12】前記凸型面形状が球面である、請求項1のレンズ、

【請求項13】前記レンズが曲率半径 $R$ を有し、前記媒質が屈折率 $n$ を有し、前記焦点領域が、前記凸型球面の幾何学的中心から半径 $R/n$ で生じる、請求項12のレンズ。

【請求項14】前記焦点領域が、収差を補正されており、前記を半径に直交する領域を切断する表面が収差補正焦点領域を有するように半径の領域全体を覆って伸びる、請求項13のレンズ。

【請求項15】前記焦点領域が、前記切断面を前記サブストレート面に対して平行に有する、請求項14のレンズ。

【請求項16】請求項1のレンズ一つ以上との組み合わせで一つ以上のレンズを含み、色収差補正を備える光学系。

【請求項17】請求項1のレンズ一つ以上を含み、前記レンズからの光に反応し、前記焦点領域にある対物レンズの強化解像度を用いて、その画像作成をおこなう光学系。

【請求項18】前記レンズのアレーをさらに含む請求項17の光学系。

【請求項19】前記サブストレート中の前記焦点領域の深さを調節するため対物レンズ又はレンズのセットをさらに含む請求項17の光学系。

【請求項20】前記画像作成システムが対物レンズと出口レンズとを有し、その主要点が、 $R$ をレンズ径とし、 $n$ を前記レンズとサブストレートとに関する屈折率とすると、 $d = f_1 + f_2 - f_1^2 / R (n + 1 / n)$ の関係式にしたがう距離 $d$ において分離されている、請求項17の光学系。

【請求項21】前記光学系が、熱画像作成のため、赤外波長において幅広いスペクトル色収差補正を備えている、請求項17の光学系。

【請求項22】前記光学系が、半導体回路及びデバイスのサブストレート通過目視検査のため近赤外波長において動作に備えている、請求項17の光学系。

【請求項 23】 ラーマン散乱測定用システムを含む、請求項 17 の光学系。

【請求項 24】 時分解測定用システムを含む、請求項 17 の光学系。

【請求項 25】 前記サブストレートに対し、標本を置くのに適した第二面をさらに含み、前記焦点領域が前記第二面又はその近傍にある、請求項 1 のレンズ。

【請求項 26】 所定の環境内で前記標本を試験するためのシステムをさらに含む、請求項 25 のレンズ。

【請求項 27】 標本の励起のソースをさらに含む、請求項 25 のレンズ。

【請求項 28】 前記サブストレートが、前記焦点領域内にある上面とそれを覆うカバースリップとを有する標本ホルダを含む、請求項 1 のレンズ。

【請求項 29】 所定特性の照明に前記焦点面において反応し前記照明の存在の読取可能記録を作成するサブストートをさらに含む、請求項 1 のレンズ。

【請求項 30】 前記サブストートを記録可能と読取可能との媒体として有する読取／書込システムをさらに含む、請求項 29 のレンズ。

【請求項 31】 前記焦点領域でデータを読み取るための記録再生システムをさらに含み、前記サブストレートがデータ媒体である、請求項 1 のレンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 関連出願の相互参照

## 【0002】

本出願は、35 U. S. C. § 119 (e) の下で、1999年6月21日  
受付、条件付き出願60/140, 138号に対し優先主張をする。その開示を  
参照としてここに組込む。

## 【0003】

## 政府補助金の受領

## 【0004】

本発明は、国家科学基金により契約番号1210800号の下で授与された補  
助金ECS-9625236号の政府補助金を用いて実施された。

## 【0005】

## 発明の背景

標準光学顕微鏡検査は、レイレ又はアッペ限界とも言われる回折限界のため、  
光の波長のほぼ半分以上の解像力を持つ横方向解像度を得る能力がなく、回折限  
界空間解像度は、 $\lambda$ を集光の自由空間における波長とすると、 $\lambda / (2 \text{ NA})$   
である。数値絞りは、 $n$ を媒質の屈折率とし $\theta_a$ を集光角、即ち集光領域の半角  
とすると、 $\text{NA} = n \cdot \sin \theta_a$ と定義される。回折に制限される顕微鏡検査の  
解像度改善のためには、 $\text{NA}$ を増加させなければならない。空気環境内の標準顕  
微鏡対物レンズに関する最高 $\text{NA}$ 値は1以下で、一般的最良値はほぼ0.6であ  
る。

## 【0006】

$\text{NA}$ 増加の一方法は、集光焦点が形成される場所で媒質の屈折率 $n$ を増加する  
ことである。油など高屈折率流体を、顕微鏡対物レンズとサンプルとの間に挿入  
すると、一般的に最良値が1.3まで $\text{NA}$ が高くなる。同様に、サンプルとの間  
隔を小さくした固浸レンズ(SIL)と呼ばれる高屈折率半球レンズを利用する  
顕微鏡設計は、 $1/n$ の解像度改善をおこなうことが出来る。SIL顕微鏡は、  
高屈折率SIL内で焦点を結んだ光とサンプルと間に極めて微かな結合を有する

。S I L顕微鏡検査に関する以前の特許は、S I L球面の幾何学的中心に光が焦点を結ぶ配置を開示する。

#### 【0007】

平面サンプルの表面下画像作成は、通常標準顕微鏡検査によりおこなわれる。高屈折率サンプルの表面下画像を作成するとき、NAは同一のままである。屈折率の増加は、平面境界における屈折からの $\sin \theta_a$ の減少により完全に相殺されるからである。標準表面下画像作成はまた、同一平面境界における屈折からの集光に対し球面収差を与える。球面収差の量は、NAの増加に伴い単調に増加する。表面下画像作成は、シリコンサブストレートを通じる波長 $1.0\mu\text{m}$ 以上で、最良横解像度ほぼ $1.0\mu\text{m}$ をもって、おこなわれて来た。

#### 【0008】

S I L顕微鏡検査の利用に対し、光位相フロントを幾何学的にS I L面に一致させた場合の表面下画像作成に関する示唆があった。しかし、開示された方法は、レンズ球面の幾何学的中心にある焦点から半球面レンズが光を集める配置に制限される。この場合、解像度改善は、 $1/n$ に制限され、球面収差のない領域は点に制限される。画像はサンプル及びS I Lを走査して形成することが出来るが、この場合走査精度は屈折率 $n$ で緩和される。画像はまた、サンプルを走査しS I Lは静止させたままでも形成することが出来る。以下に記述する発明の特徴は、多くの表面下応用のためのこれら標準及びS I L顕微鏡検査の改善である。

#### 【0009】

##### 発明の概要

本発明は、サブストレート内焦点領域の観察又は画像作成のためサブストレート面に置かれたレンズを提供し、光学系数値絞りに、このレンズがないときの値を超える増加を与える。強化数値絞りは、集光又は照明における解像度の改善を意味する。サブストレート内特定領域にある焦点は、無収差で結ばれ、視野に対し広い横幅を与える。サブストレート及びレンズの媒質は、屈折率 $n$ が、同一ではなくとも非常に近い。

#### 【0010】

本発明は、半導体デバイス及び回路、付着面の下側からの生物／化学標本、絶

縁体上シリコンサブストレーットの境界など多層半導体及び誘電体、及び埋込光媒体の読取／書込機能の観察に用途を見出す。

#### 【0011】

##### 発明の詳細な説明

本発明は、半導体ウエハー又はチップサブストレーット内の構造観察のため用いられる顕微鏡などの観察光学系若しくはデータ媒体などの物質を露光するため用いられる画像作成光学系の数値絞り即ち集光力を増加する働きをする観察強化レンズ（NAIL）を提供する。その結果は、 $n$ をレンズとサブストレーットの屈折率とすると、光学系の解像度を $n$ と $n^2$ との間の屈折率だけ増加することである。レンズとサブストレーットは、一般的に同一屈折率のものであるけれども、一致に近くても同様利点を得られる。

#### 【0012】

図1は、このような観測システムを示し、コンピュータ制御XYZ運動支持台12が、標本14をホルダ16の中に保持する。数値絞り増加レンズ（NAIL）18が標本を覆って置かれている。一般的に、NAILと標本は精密研磨して出来るだけ空隙を無くし、NAILとサブストレーット境界における屈折の影響を避けるに十分なほど小さく、少なくとも波長の分数以内にして、密に接触させる。サブストレーット14内の対象物からの光、一般的にはホルダ16が与える後方照明から又は上からの表面照明からの光は、NAIL18を通過し、次いで顕微鏡システム24の対物レンズ20及び出口レンズ24を通して、ビデオカメラ30又はその他の、観察、記録又は画像作成要素の中に入る。カメラ30からの信号は、表示及び記録のため、コンピュータ32又はその他の処理、記憶及び／又は観察システムに送られる。これにより、長時間にわたる一連の画像を記録することが出来、これにより時分解測定が可能になる。コンピュータもまたプログラムしてステージ12を手動又は自動で操作し、X、Y、及び／又はZ方向に走査して、画像を二次元又は三次元領域で捕捉してもよい。

#### 【0013】

図2aは、NAIL18'及びサブストレーット14'を拡大して示す。NAIL18'は、一般的に完全半球より小さく、垂直高さDを有するので、外面から



曲率半径 $R$ だけ離れたその中心は、サブストレート14'内の点40に位置する。NAILが観察対物レンズの数値絞りを上述のように増加する一方で、無収差の観察をするのもまた望ましい。サブストレート内には、深さに応じて、焦点が結ばれ無収差観察が得られる球面がある。これは下記に説明するように点40より深い。この球面の両側に視野がまた無収差又はほぼ無収差の距離があり、増加解像度と無収差で対物レンズが見ることの出来る平面領域を与えている。視野のサブストレート内への距離が $X$ であると、 $D = R(1 + 1/n) - X$ となる。NALを両方向に通過する放射位相フロントは、NALの凸面とは幾何学的に別個なので、それによりNALを大きく超えるサブストレート深さの観察が出来る。

#### 【0014】

図2bは、サブストレート14''内の、NAL18''を通じた、対物レンズ42による、サブストレート14''の底にある視野44に関する観察を示す。視野は、例えば、出来上がった半導体チップ又はその他の要素の品質に関する情報を含む半導体ウェハーの処理領域の下側を含む。一般的に、図2cに示すように、NAL18''とサブストレート14''は、強化解像度を用いてサブストレート内の視野を観察することが望ましい任意の要素とすることが出来る。例には、NALを上につけた顕微鏡スライドとカバーガラス及び作動中の熱放散半導体の熱画像作成が含まれる。

#### 【0015】

図3は、上部52が本発明のNALをあらわし、残りが球面54にある視野を無収差で見ると見込みべきサブストレートである単一の固体対象物50に関する。仮想面58は、NALとサブストレートとの間の分割線を示す。面54は、 $R/n$ により、NAL52の曲率中心60の下の方の深さとして定義される。

#### 【0016】

最適解像度のため、顕微鏡の光学をNALのこれらに最も良く一致させる。これは、以下の関係が満たされるとき達せられる。

#### 【0017】

$$s = (f_1 - 2) / R (n + 1 / n) ;$$

【0018】

ここで、 $f_1$  は対物レンズ焦点距離で、 $f_2$  を出口レンズ焦点距離とすると  
内部レンズ主要点距離（対物レンズから出口レンズ主要点まで） $= s + f_1 + f_2$  である。

【0019】

無収差焦点の利点には、図3に示すように、球面54の両側の領域により、一般的に関心領域が含まれる平面64もまたほぼ無収差であることが出来るが含まれる。

【0020】

NAILの追加の利点は、無収差領域が比較的広い横幅を有するので画像構築に要するステップが少ないことである。こうして広い範囲にわたる軸外観測を受け容れることが出来る。各種のサブストレート深さに適合させるには、一般的に各種のNAILを使用するので、NAILセット及びNAILのアレーを使用することとなる。NAILはまた被覆して、背景又は前景照明に関する反射を最小にする。NAILはまた、複合レンズとして及び／又は修正対物レンズ設計を持たせて加工し、色収差を補正する。

【0021】

図4Aは、生物又は化学標本の光学特性の変化又は状態に関する試験における本発明の追加用途を示す。サブストレート100は、上のようにそれを覆うNAILレンズ102を有する。サブストレートは、絶縁又はその他の層104を有し、標本106を付着させることが出来る。標本面は、一般的に、そこで雰囲気中のあらゆる光特性即ち照射、伝送又は反射された光がNAIL102を通じて強化解像度で見ることが出来る焦点領域54に相当する、焦点領域に置く。サブストレートは、標本結合強化などの目的のため、その上に半透明金属を有することがある。

【0022】

図4bに示すような標本106は、マイクロ波エネルギーによる励起若しくは固定又は変動環境を標本106に加えることの出来る、ハウジング108で区切ら

れるなどの環境に置くことが出来る。

#### 【0023】

図5は、標本106を覆うカバースリップ118のある顕微鏡スライドなどの標本106をサブストレート116上で観察するのに使用する本発明の応用を示す。NAILLレンズ120はカバースリップの上に置かれ、物質は上述のように標本106に無収差焦点領域を作る寸法とする。NAILLレンズは、上述のように同じ焦点領域を持たせてサブストレート上に置くことが出来る。

#### 【0024】

図6に、媒体の作成及び読取のため使用される本発明のNAILLを示す。この場合、サブストレート130は、CD、DVD、ミニディスクプレーヤ及びレコーダなどの読取又は書込若しくは読取／書込媒体を含む。光学系132は、このような媒体への書込及び／又は読取用の良く知られた装置をあらわすため示した。NAILL134は、層136が占める平面に焦点領域を作る。この層は、光学系132の一つの型からの（磁場など他の影響を受け又は受けない）入力レーザー光に応答して、後に光学系132の別の型が読み取ることの出来る恒久的又は消去可能の記録を、層の中に作る。

#### 【0025】

図7a-7dは、図2bに例示したように、後方照明システム150を用いて半導体構造の層の画像を作成した実際のNAILL使用結果を示す。図7aは、通常のNAILL無し5.4X顕微鏡を用いて得られた構造画像を示す。図7bとcは、NAILLを半導体サブストレートに被せて使った観察を示す。多結晶シリコン試験ライン及び半導体の中のそれぞれ位置140と142に加工されたN型拡散が明瞭に示されている。図7dは、図7cの画像を横切る線型走査を示し、約96Xの強化倍率における鋭い解像度を示す。

#### 【0026】

本発明はまた、図8のように、接合を焦点及び無収差観察の領域に置くことにより、絶縁体上シリコン(SOI)加工においてシリコンと絶縁体との間に形成された半導体デバイス中の接合の試験にも有用である。ここで層160は、半導体材料162と絶縁物164との間の境界をあらわす。NAILL166によりこ

の境界の強化検査をすることが出来る。NA I L及び／又はサブストレートとして半導体材料の場合は、Si、Ge、SiGe、GaAs、GaSb、GaP、InP、GaN又は、三重又はそれより高い構造の基本原子の組合せを含む組合せの物質が、格別有用である。

#### 【0027】

本発明はまた、ラーマンスペクトル解析においてサブストレート内からのラーマン散乱を検出するため有用である。図9a-9bは、サブストレート174上においた本発明のNA I L172のアレー170を示す。このとき単一对物レンズ176を複数のNA I L172とともに使用することが出来る。これは、視野が広いとの長所を備える。加えて、寸法形状の異なるNA I L172を用いて、サブストレート174内の各種深さを無収差焦点で観察することが出来る。図10は、本発明の実現に有用な一般的には同一又は同様の径の、NA I L180、182、…184のセットを示す。

#### 【0028】

外部レンズの光学系を用いて、図1に例示したように本発明を実行するには、NA I Lとその他のシステム光学部品の複合特性により色収差の全体補正をおこなうことが出来る。色収差補正を用いる本発明はまた、赤外波長における熱画像作成及び、半導体回路及びデバイスの近赤外波長目視検査において幅広いスペクトル解析を可能にする。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にしたがう数値絞り増加レンズ（NA I L）を有する画像作成システムを示す。

【図2a】典型的観察関係におけるNA I Lとサブストレーットの断面図である。

【図2b】サブストレート内部観察のためのNA I Lと観察対物レンズの断面図である。

【図2c】本発明に関する応用範囲を示す一般化したNA I Lとサブストレート関係の断面図である。

【図3】NA I L表面と無収差焦点面との幾何学的及び数学的關係を示す

媒体の断面図である。

【図4 a - 4 b】サブストレート底面上の標本検査における本発明のNA I Lの追加用途を示す。

【図5】 カバースリップの下での標本観察に使用された本発明の応用を示す。

【図6】読取／書込の領域における本発明の利用を示す。

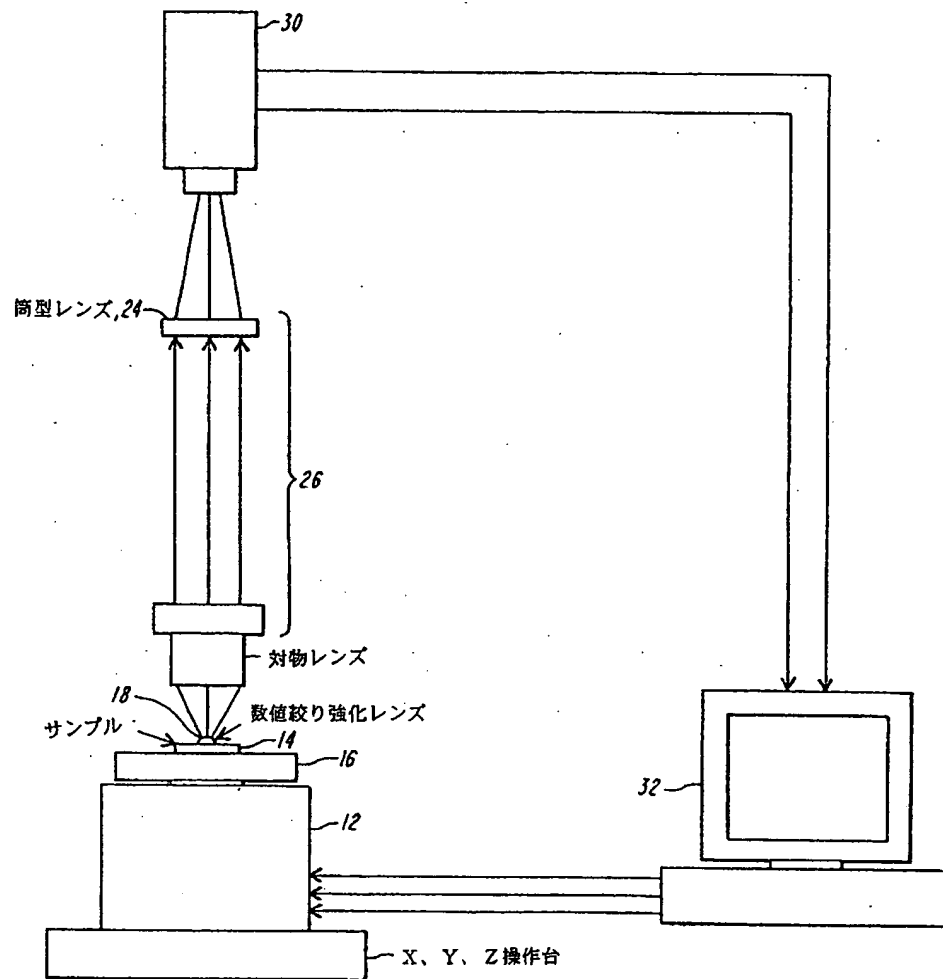
【図7 a - 7 d】半導体構造観察における本発明の利用からの実際画像を示す。

【図8】SOIデバイスにおいて境界検査のための本発明を示す。

【図9 a - 9 b】アレーでの本発明の利用を示す。

【図10】本発明にしたがうNA I Lのセットを示す。

【図 1】



【图2】

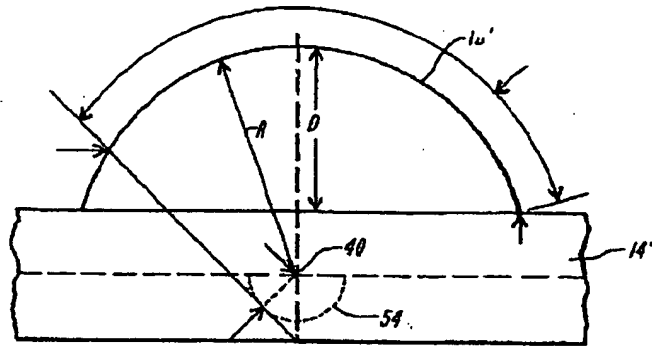


FIG. 2A

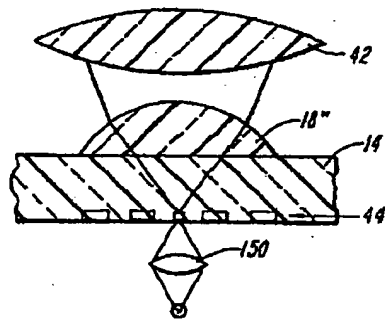


FIG. 2B

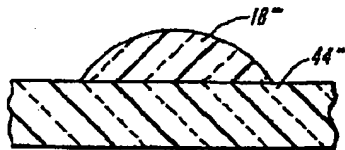
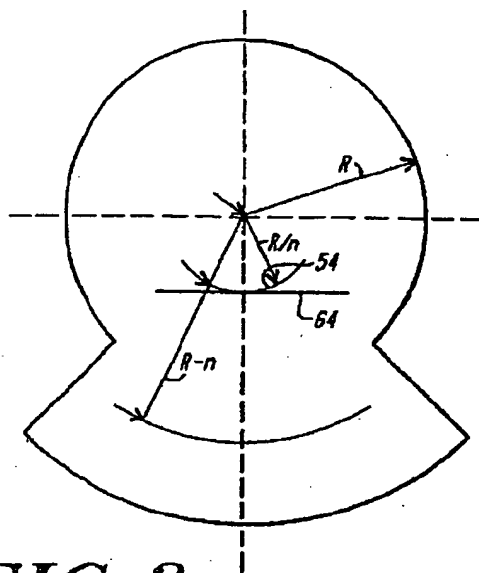


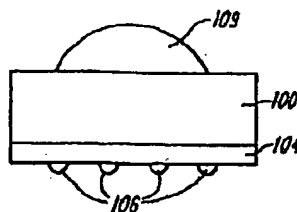
FIG. 2C

【图3】

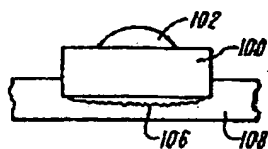


**FIG. 3**

【图4】

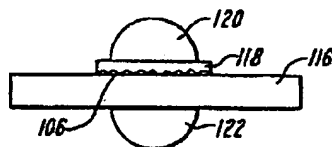


**FIG. 4A**



**FIG. 4B**

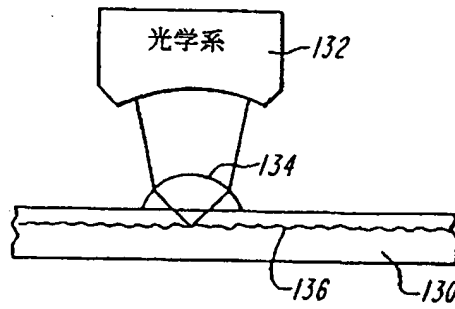
【图5】



**FIG. 5**



【图6】

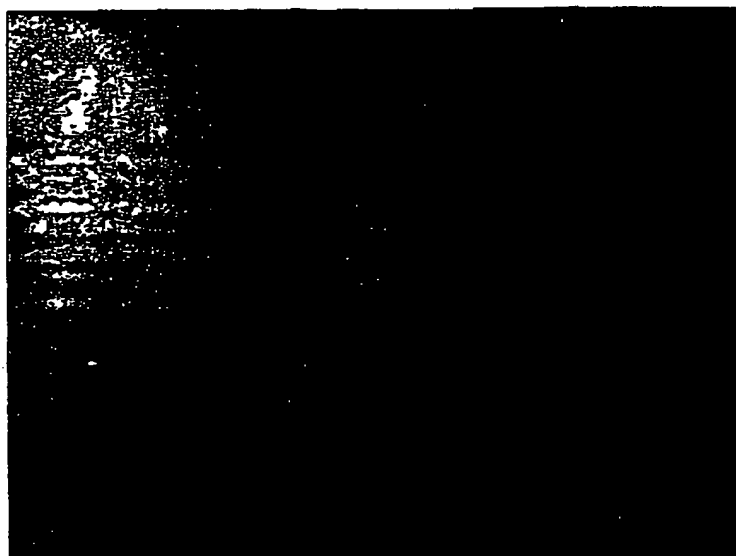


【图7A】



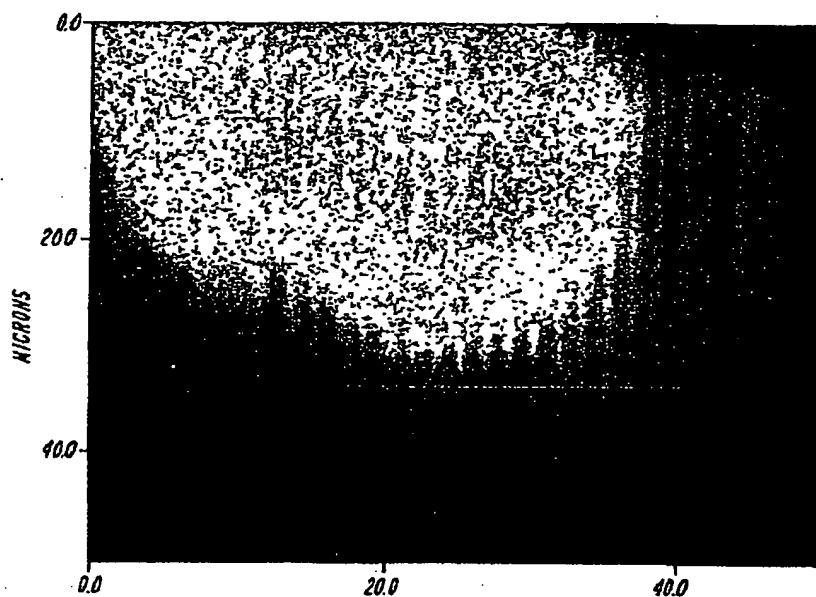
*FIG. 7A*

【図 7 B】



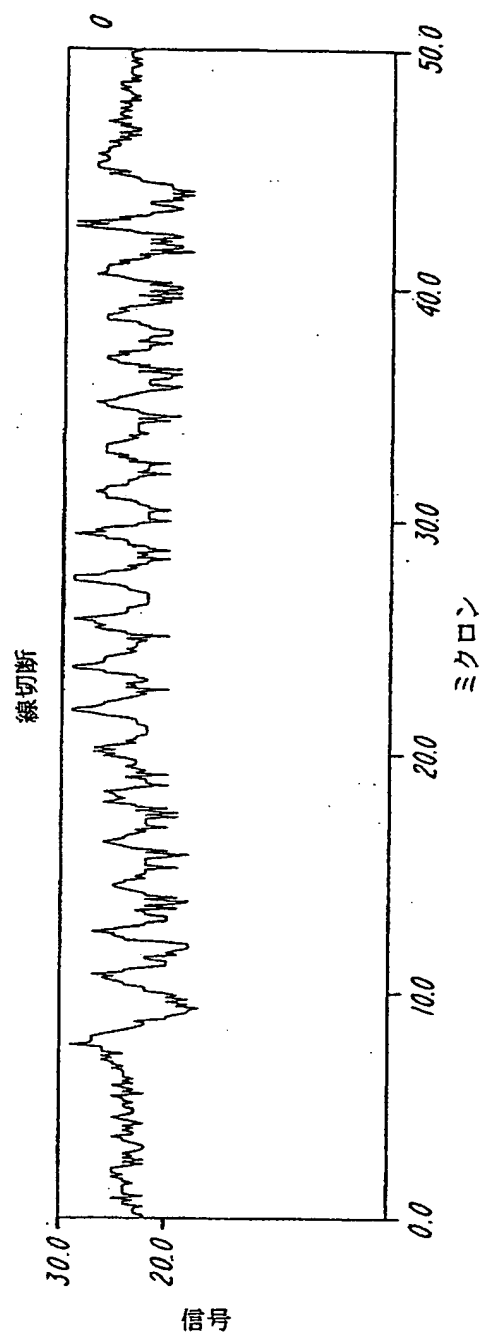
*FIG. 7B*

【図 7 C】

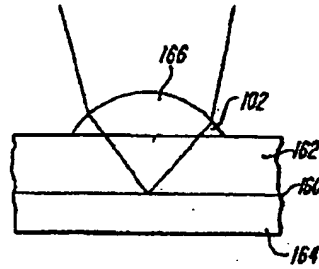


*FIG. 7C*

【図7D】

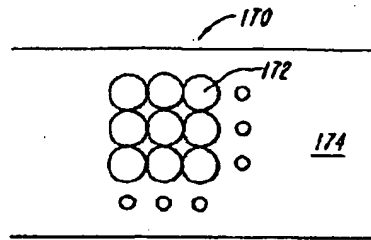


【图8】

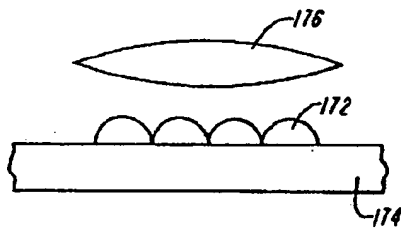


**FIG. 8**

【图9】

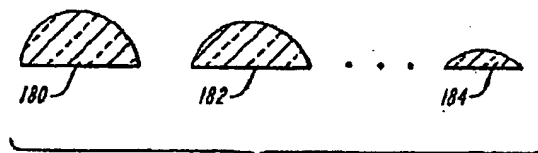


**FIG. 9A**



**FIG. 9B**

【图10】



**FIG. 10**

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US00/40253

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br>IPC(7) : G02B 03/00; G11B 07/00<br>US CL : 359/642, 664; 369/112<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                    |                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>U.S. : 359/642, 664; 369/112, 44.22, 44.14<br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>USPAT, JPO, EPO, DERWENT, IBM TDB<br>search terms: (sl and microscope), (numerical adj3 aperture), (convex adj3 (lens or surface))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                    |                                                                   |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                    |                                                                   |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                 | Relevant to claim No.                                             |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | US 5,497,359 A (MAMIN et al.) 05 March 1996 (05.03.1996), col. 5, line 29 through col. 8, line 28. | 1, 2, 8, 10, 17, 18, 25-27, 29-31                                 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | US 5,764,613 A (YAMAMOTO et al.) 09 June 1998 (09.06.1998).                                        | 1-31                                                              |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                                                                   |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier document published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is considered with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"A" document member of the same patent family |                                                                                                    |                                                                   |
| Date of the actual completion of the international search<br>09 OCTOBER 2000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                    | Date of mailing of the international search report<br>14 NOV 2000 |
| Name and mailing address of the ISA/US<br>Commissioner of Patents and Trademarks<br>Box PCT<br>Washington, D.C. 20231<br>Facsimile No. (703) 305-3230                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    | Authorized officer<br>RICKY MACK<br>Telephone No. (703) 308-0956  |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)\*

---

フロントページの続き

(72)発明者 ゴールドバーグ, ベネット, ビー.  
アメリカ合衆国 02160 マサチューセッ  
ツ州 ニュートン パークシャー ロード  
26

Fターム(参考) 2H087 KA09 NA14 QA01 QA07

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**